

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. Т. ШЕВЧЕНКА
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ДОСЛІДИ ФРАНКА-ГЕРЦА

Автор:
Холоімов Валерій

3 ноября 2021 г.

1 Опис методу

1.1 Дослід Франка-Герца

Обидва постулати Бора суперечать вимогам класичної електродинаміки, тому що за першим постулатом атоми не випромінюють, незважаючи на те, що електрони, які утворюють їх, здійснюють прискорений рух (наприклад, обертання по замкнених орбітах), згідно другого виходить, що випромінені частоти не мають нічого спільного із частотами періодичного руху електронів.

Квантові постулати Бора знайшли безпосереднє експериментальне підтвердження в дослідах Дж. Франка й Густава Герца.

Ідея дослідів полягає в наступному: атоми або молекули розрідженого газу обстрілюються повільними електронами; при цьому досліджується розподіл швидкостей електронів до і після зіткнень. Якщо зіткнення відбуваються пружно, то розподіл швидкостей у результаті зіткнень не змінюється, і навпаки, при непружних зіткненнях частина електронів втрачає свою енергію, віддаючи її атомам, з якими вони зазнали зіткнення, і розподіл швидкостей змінюється.

В результаті дослідів Франка-Герца виявилось, що:

1. При швидкостях електронів, які є меншими за деяку критичну швидкість, зіткнення відбувається цілком пружно, тобто електрон не передає атому своєї енергії, а відбивається від нього, змінюючи лише напрямок своєї швидкості.

2. При швидкостях електронів, що досягають критичної швидкості, удар відбувається непружно, тобто електрон втрачає свою енергію й передає її атому, який при цьому переходить в інший стаціонарний стан, який характеризується більшою енергією.

Таким чином, атом або взагалі не сприймає енергію (пружний удар), або сприймає її тільки в кількостях, рівних різниці енергій у двох стаціонарних станах.

Для доказу існування непружних зіткнень Франком і Герцем була використана наступна установка (рис.1). Електрони від нитки розжарення D прискорювалися негативним потенціалом, накладеним на нитку. У просторі між D і N ці електрони зазнавали численні зіткнення й попадали зрештою на сприймальну пластинку A. Гальванометр G, з'єднаний з A, вимірював струм пластинки. Сітка N, заряджена слабо позитивно відносно A (у більшості випадків до потенціалу $+0,5$ В), поміщалася безпосередньо перед пластинкою A. Призначення сітки полягало в тому, щоб виловлювати електрони, що майже повністю втратили свою енергію внаслідок непружних зіткнень. Дослід проводився в парах ртуті при відносно високому тиску (близько 1 мм рт.ст.) і полягав у вимірі струму пластинки A залежно від прискорювального потенціалу, накладеного на нитку D.

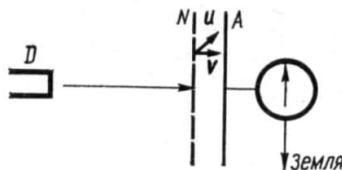


Рис. 1: Схема установки

2 Практична частина

В роботі осцилограф передає залежність сили анодного струму від напруги між катодом (K) і сіткою (C).

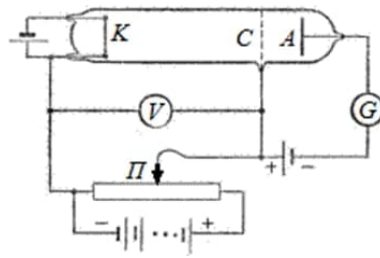
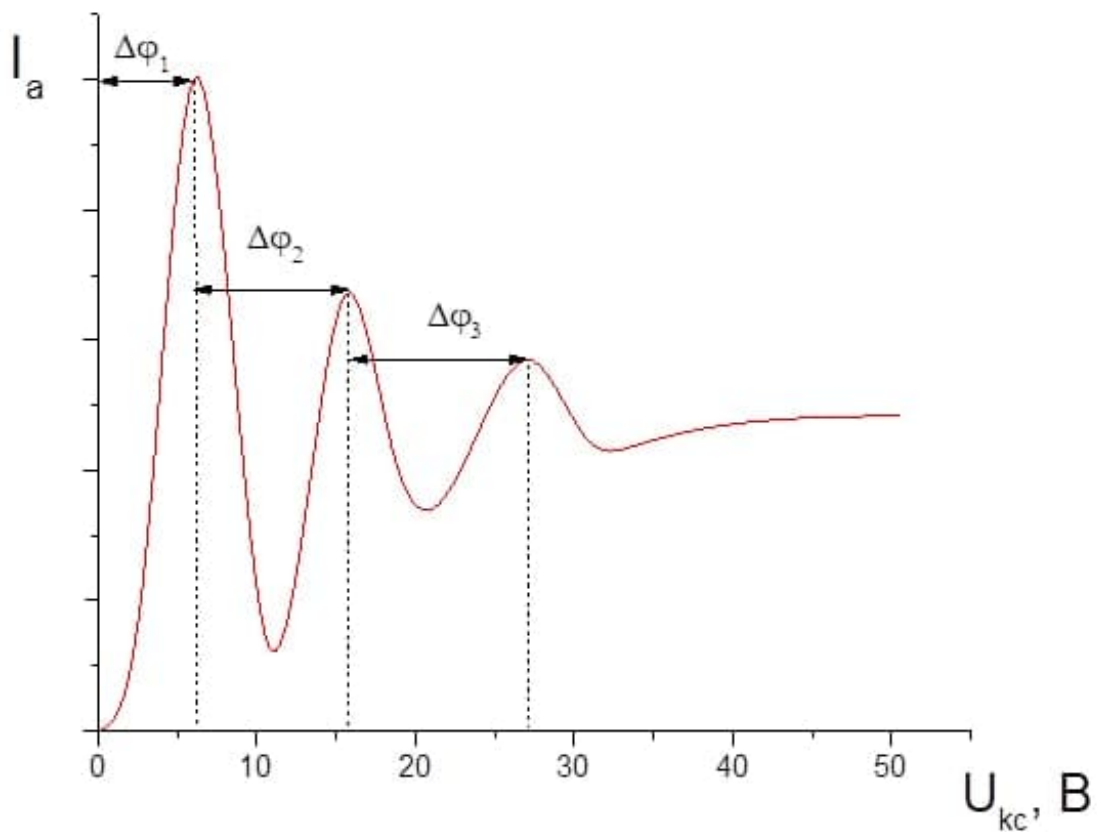


Рис. 2: Схема установки

В ході роботи отримали значення для екстремумів графіку залежності I_a від напруги U_{kc} . Даний графік зображений нижче: Таким чином нам вдалось знайти 3



значення для прискорювального потенціалу. Їх значення ми можемо знайти знаючи напруги, на яких ми спостерігаємо максимум сили струму.

$$\phi_1 = 6B; \phi_2 = 15,6B; \phi_3 = 27,2B$$

$$\Delta\phi_2 = 9,6B; \Delta\phi_3 = 11,6B$$

$$\langle \Delta\phi = 10,6B \rangle$$

Значення в еВ: $E = 17eV$

3 Висновок

У данній роботі було виначено перший прискорювальний потенціал для невідомого інертного газу. Було отримано результат $U = 10,6B$, найближче до отриманого має Криптон Kr з теоретичним значенням прискорювального потенціалу $U_{teor} = 10$. Відхилення від табличного значення може бути пояснено неідеальністю приладу, оскільки для отримання значень, близьких до теоретичних, лампа має працювати в певних умовах, які могли бути не дотримані.

4 Контрольні запитання

4.1 Схема та ідея дослідів Франка та Герца. Що вони показали?

Атоми або молекули газу обстрілюються повільними електронами; при цьому досліджується розподіл швидкостей електронів до і після зіткнень. Зіткнення електрона з атомами (молекулами) газу може бути пружним і непружним. Нагадаємо, що при пружному зіткненні двох тіл повна енергія кожного тіла залишається незмінною, тоді як при непружному зіткненні вона зазвичай зростає за рахунок кінетичної. Якщо електрон налітає на атом, що знаходиться у стані спокою, і зіткнення пружне, то атом майже не отримує віддачі, тому що він набагато важчий за електрон й сприймає мізерно малу частину його кінетичної енергії. Отже, якщо після зіткнення з'являються електрони, що втратили велику частину своєї енергії, то зіткнення, імовірно, було непружним, а енергія була поглинена атомом. Спостерігаючи втрати енергії електронів, можна вивчати поглинання енергії атомами. В результаті дослідів Франка й Герца виявилось, що: 1. При швидкостях електронів, менших деякої критичної швидкості, зіткнення відбувається цілком пружно, тобто електрон не передає атому своєї енергії, але відскакує від нього, змінюючи лише напрямок своєї швидкості. 2. При швидкостях, що досягають критичної швидкості, удар відбувається непружно, тобто електрон втрачає свою енергію й передає її атому, який при цьому переходить в інший стаціонарний стан, що характеризується більшою енергією.

4.2 Що таке перший потенціал збудження?

Нехай E - збуджувальний потенціал для деякого газу. Це означає, що меншу енергію атоми газу сприйняти не можуть, тому що при меншій енергії електронів, що їх бомбардують, удар відбувається цілком пружно; енергію E вони вже сприймають повністю. Це й означає згідно з першим постулатом Бора, що атом газу може мати не будь-які запаси енергії, а тільки деякі конкретні. Прискорювальний потенціал E називається "першим критичним потенціалом"

4.3 Як реалізувати реєстрацію не лише першого, а і вищих потенціалів збудження?

Крім енергії, що відповідає першому критичному потенціалу, атоми можуть мати й інші, більш високі ступені енергії збудження. Ці більш високі ступені збудження

можуть бути також знайдені за допомогою методу електронних зіткнень. Для визначення вищих рівнів енергії необхідно обрати такі умови досліду, щоб тиск газу був якомога менше. Це суттєво тому, що при високому тискові число зіткнень електрона з атомами газу настільки велике, що електрону досить набрати енергію, яка є рівною або трохи переважаючою перший критичний потенціал, щоб імовірність її передачі атому зробилася досить значною. При досить низькому тискові й досить високому прискорювальному потенціалі відкривається можливість збудження й до більш високих стаціонарних станів.

4.4 Що таке контактна різниця потенціалів? На що вона впливає?

Контактна різниця потенціалів - різниця потенціалів, що виникає при контакті двох різних провідників, у даному лабораторному пристрої, різниця потенціалів виникає міжпластинкою та гальванометром, передаючи додаткову напругу на гальванометр, за рахунок якої вся крива зміщується ліворуч, не змінюючи відстані міжмаксимумами.